

常压及低压储罐安全泄放系统设计分析

赵蕾艳 朱新艳 (安徽实华工程技术股份有限公司, 浙江 宁波 315048)

摘要: 随着工业技术的发展, 储罐安全泄放系统的设计不断创新, 通过新型材料、先进技术的应用和系统优化设计, 可以进一步提高安全泄放系统的可靠性, 保障储罐运行的安全与稳定。本文介绍了常压及低压储罐安全泄放设施的基本配置, 阐述了常压及低压储罐安全泄放系统的设计原则, 重点分析了安全泄放压力的设定、呼吸阀通气量的计算和氮封系统的设计, 以期该研究对常压及低压储罐的设计优化具有一定的指导意义。

关键词: 常压及低压储罐; 安全泄放; 通气量; 设计

常压及低压储罐是在石油化工行业中比较常见的液体原料和产品相应使用的储存方式, 因为这些储存原料大都具有易燃、易爆等特性, 有些还具有挥发性和毒性, 挥发性可燃介质排放到大气中不但会造成物料损失, 还会造成环境污染, 并存在一定的安全隐患。储罐在运行过程中可能面临液位异常上升、外部火灾等情况, 若泄放系统设计不合理或不完善, 可能导致储罐压力超限, 造成泄漏甚至爆炸等严重事故, 对人员生命安全和环境造成严重威胁。常压及低压储罐安全泄放系统的设计直接关系到整个罐区的安全。因此, 开展常压及低压储罐安全泄放系统设计分析的研究能够为工程实践提供理论指导和技术支持。

1 常压及低压储罐安全泄放系统概述

1.1 常压及低压储罐的特点

《石油化工企业设计防火标准》GB50160—2008 (2018年版) 中明确指出, 低压储罐是指设计压力大于 6.9 kPa 且小于 0.1 MPa (罐顶表压) 的储罐; 而常压储罐是指设计压力小于或等于 6.9 kPa (罐顶表压) 的储罐。

在石油化工企业中, 储存沸点大于或者等于 45℃ 或在 37.8℃ 时饱和蒸气压不大于 88 kPa 的液体介质一般采用常压或低压储罐。常压及低压储罐的耐压比较低, 一旦出现压力超限, 可能会造成储罐破坏, 引发较大的安全事故和环境污染。

1.2 常压及低压储罐压力变化的影响因素

在物料的储存过程中, 物料自身的性质、操作工况、储存环境条件等均会引起储罐压力的变化, 主要体现在以下几个方面:

①物料温度变化的影响。储罐露天布置, 环境温度变化会引起储存物料的温度以及物料的饱和蒸气压发生改变。储罐内温度上升或降低, 液面上部气体就会膨胀或收缩, 引起储罐气相压力升高或降低。对于

有完好隔热结构的储罐, 物料温度受外界环境温度的影响较小; 而没有隔热措施的储罐, 温度的影响较为明显, 引起的储罐压力波动和呼吸量较大。

②储罐液位变化的影响。储罐在进出料时引起液位变化, 也会造成储罐内压力变化。当储罐进料时, 液位上升, 罐内气相空间减小, 压力升高, 如不及时排气, 储罐存在超压鼓罐的风险。物料通过泵抽出时, 储罐内液位下降, 气相空间增大, 罐内压力降低, 如不及时补气, 可能会出现抽负压造成瘪罐的事故。

1.3 常压及低压储罐安全泄放系统的设计原则

常压及低压储罐的安全泄放系统主要包括“两阀 (罐顶呼吸阀、紧急泄放阀)、一系统氮封系统”。储罐的各级压力泄放值与储罐的型式、设计压力、罐顶呼吸阀、紧急泄放阀的各项因素有关。

首先, 根据储罐储存介质的特性确定储罐的设计压力和储罐类型。在设定各级泄压设施时, 应尽量避免压力的层叠。紧急泄放阀 (或呼吸人孔) 的设定压力必须确保在紧急泄放阀全开启状态下压力不超过储罐的设计压力, 且高于呼吸阀的正排气压力; 呼吸阀的设定压力必须确保在呼吸阀全开启状态下的压力低于紧急泄放阀的泄漏压力; 压控阀 (氮封呼出阀) 的设定压力应确保超压 10% 时的压力不高于呼吸阀的泄漏压力。氮封阀应保持储罐罐顶微正压的状态, 以防

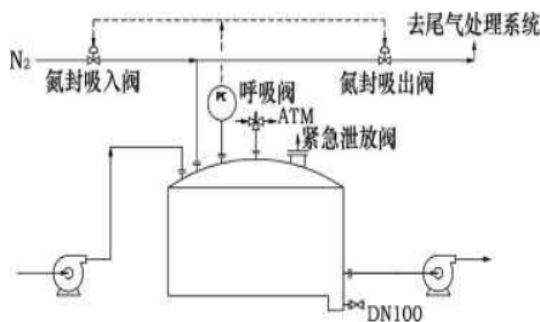


图 1 API650 储罐安全压力保护设施

止外部空气进入。呼吸阀的设定真空压力,需确保在呼吸阀全开启状态下,储罐的负压不超过设计负压。如图1所示。

2 呼吸阀

2.1 呼吸阀的作用

结合上述内容可以看出,呼吸阀是常压及低压储罐的重要保护措施,呼吸阀实质上就是储罐的安全阀。通过呼吸阀的呼气 and 吸气作用可以保持储罐内正常的压力状态,避免因超压或抽真空造成储罐受损。安装呼吸阀可以有效减少罐顶挥发性气体的排放,减少油气损失,降低火灾风险以提高罐区的安全性,也更具环保意义。

2.2 呼吸阀的分类

根据《石油化工储运系统罐区设计规范》SH/T3007-2014,储存甲B、乙类液体的固定顶储罐和地上卧式储罐以及采用氮气或其他惰性其他密封保护系统的储罐应设置呼吸阀。

呼吸阀为呼气阀和吸气阀并为一体的总称。根据工作原理的不同,呼吸阀可分为直接荷载重力式、直接荷载弹簧式和先导式。《石油储罐附件第1部分:呼吸阀》SY/T0511.1-2010中呼吸阀按照压力分为5级,在储罐承压能力一定的前提下,呼吸阀的开启正压力越高,油气的损失(小呼吸)越小,而开启正压力较低,储罐的安全性相对更高一些。不同的标准体系呼吸阀的压力分档不同。呼吸阀按适用温度分为全天候型和普通型。

可燃液体储罐和氮封保护的储罐在呼吸阀上应安装阻火器,也可以选用呼吸阀与阻火器一体的阻火呼吸阀。在石油化工企业中,油品储罐的呼吸阀通常选用全天候阻火型呼吸阀。如图2所示。

2.3 呼吸阀通气量的计算

由于储罐的进油和出油导致的呼气 and 吸气,瞬时

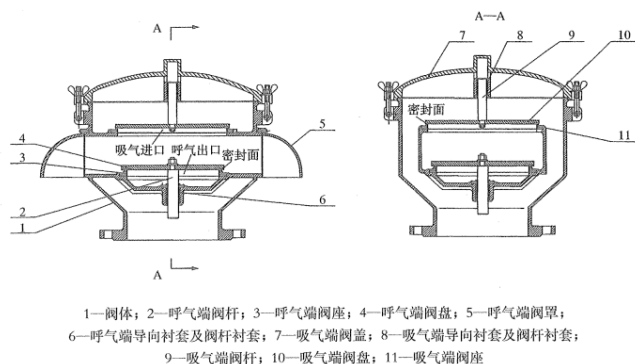


图2 呼吸阀结构示意图

气量一般相对较大,也称为“大呼吸”;储罐在没有收、发油作业的情况下随外界气温气压变化而导致的油气呼出和空气吸入,也称为“小呼吸”。

呼吸阀的通气量需不小于各项呼出量之和或吸入量之和。吸入量包括液体出罐时的最大出液量所造成的空气吸入量和因降温导致罐内气体收缩所造成的吸入空气量;呼出量包括因液体进入储罐所造成的气体呼出量和因大气温升导致的罐内气体膨胀而呼出的气体。呼吸阀的呼气量和吸气量可以按以下公式计算:

$$G_0 = G_{OF} + G_{OT} \quad \text{式(1)}$$

$$G_I = G_{IF} + G_{IT} \quad \text{式(2)}$$

其中:

G_0 —呼吸阀的呼气量, m^3/h ;

G_I —呼吸阀的吸气量, m^3/h ;

G_{OF} —因最大进液量引起的呼气量, m^3/h ;

G_{IF} —因最大出液量引起的吸气量, m^3/h ;

G_{OT} —因环境温度上升引起的罐内气体膨胀引起的最大呼出量, m^3/h ;

G_{IT} —因环境温度下降引起的气体收缩导致的最大吸入量, m^3/h 。

因操作液位变化而引起的“大呼吸”通气量,可以根据储罐的最大进罐量和最大抽出量确定,因外界温度影响导致的“小呼吸”通气量,可以根据《Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks》API2000-2014中第3.3.2.3章节的相关规定确定。

3 紧急泄放阀

3.1 紧急泄放阀的作用

紧急泄放阀,也叫液压安全阀,安装在储罐顶部,是储罐呼吸阀的安全阀,兼有紧急通风的功能。根据《Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks》API2000-2014,所有配有正常尺寸呼吸阀的储罐必须配备独立的紧急泄放阀。紧急泄放阀在正常情况下不会发生动作,储罐通过氮封系统和呼吸阀可以维持罐顶正常压力。紧急泄放阀的开启压力略大于呼吸阀的开启压力,当呼吸阀失效时可以代替呼吸阀的作用,在火灾等异常工况下,也可以提供紧急泄压,在南方地区炎热的夏季骤降大雨使储罐内负压过高时,液压安全阀可以提供紧急吸气,确保储罐安全。

3.2 紧急泄放阀的设定原则

紧急泄放阀的压力释放范围通常为设定压力的110%到200%。该范围的大小受到呼吸阀的存在与否以及制造厂家的影响。以设计压力为2kPa的常压储

罐为例,如果选择的紧急泄放阀的释放压力为其设定压力的180%,则阀门的设定压力不能超过1111Pa。否则,在卸压时,压力很可能会超出储罐设计所能承受的压力,从而对储罐的安全构成威胁。根据《石油储罐附件第1部分:呼吸阀》SY/T0511.1-2010的规定,为了确保油品储罐在超压条件下不发生损坏,可选择980Pa的呼吸阀。因此,设计人员必须严格控制紧急泄放阀的设定压力,以确保其开启时不会超出常压及低压储罐的设计压力。然而,安全泄压附件的精度并非完全可靠,因此在设计时必须考虑一定的安全余量。如果在同一储罐上设置了呼吸阀、呼吸人孔或紧急泄压人孔,则必须注意呼吸阀以及泄压阀的设定压力。

3.3 紧急泄放量

在常压储罐和低压储罐的紧急泄放阀或呼吸人孔的设计与选型过程中,最大紧急泄放量的确定至关重要。氮封储罐的紧急泄压设施的通量应满足氮封管道系统故障(如氮封阀故障)或呼吸阀出现故障时储罐的安全通气要求,并满足储罐火灾事故时的最大排放量。紧急泄压设施宜选用直径不小于DN500的紧急泄放阀或呼吸人孔。事故泄漏量在《石油化工储运系统罐区设计规范》SH/T3007-2014中并未确定作出明确规定。而《Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks》API2000-2014中给出了储罐在室外着火情况下的紧急泄放量 F_{dr} 的具体计算方法,按公式(3)进行计算。

$$F_{dr} = 906.6 + \frac{QF}{L} \left(\frac{T}{M} \right)^{0.5} \quad \text{式(3)}$$

式中:Q—发生火灾时储罐所吸收的热量,W;

F—环境因子,其取值范围可参考API2000-2014中3.3.3.3.3节所列的表9;

L—储存物质在泄放温度和压力下的汽化潜热,J/kg;

T—泄放蒸气的绝对温度,K;

M—泄放蒸气的相对分子质量。

4 氮封系统

4.1 氮封系统的原理

常压及低压储罐储存的物料很多为易燃易爆、有毒介质,还有些在与空气或水分接触时会发生变质,对于储存这类介质的储罐,为避免介质与空气接触,保护介质不被污染,并减少挥发性气体排放到大气中,需在常压及低压储罐顶部设置氮气密封或其他惰性气

体密封系统。

4.2 氮封的设置

氮封系统一般由氮封阀(也叫补氮阀或氮气吸入阀)、压控阀(也叫氮气呼出阀)、压力表和相关管线组成,设置在固定顶或内浮顶储罐的罐顶。氮封阀和压控阀分程控制罐顶压力。氮封的设置压力根据储罐的设计压力和储存物料的性质确定,常压储罐的设计压力一般为-0.5~2kPaG,氮封压力一般设在0.2~0.5kPa。通常以企业公用工程系统的低压氮气作为氮封气,通过调节阀或自力式减压阀进行减压。

氮封的主要工作原理是:当储罐内压力达到设定值时,氮封阀会迅速关闭,排气阀打开,将罐内超压气体排出,确保油罐的安全。相反,当储罐内压力下降至一定程度时,氮封阀打开,排气阀关闭,向罐内补充注入氮气,保持罐顶微正压的状态,防止外界空气进入。

5 常压及低压储罐安全泄放系统的维护

常压及低压储罐安全泄放系统的维护和维修对于确保系统长期有效运行并提高安全性至关重要。因此,运维人员必须定期检查和维修压力泄放设施,如紧急泄压阀和呼吸阀等。定期清理和检查呼吸阀口和泄压人孔,检查排放口、阻火网和排放管路是否堵塞,确保安全泄放设施处于良好的工作状态,排放管路通畅,呼吸阀和紧急泄放阀等能够在出现异常时及时启动,储罐正常投用期间不得出现安全泄放系统堵塞等异常,以保障储罐的安全运行。同时,对氮封系统进行检查和调整,定期维护和检修氮封调节阀和压控开关阀,定期检查气源管线通畅,保持储罐内微正压状态,维持储罐的平稳运行。

6 结束语

常压及低压储罐安全泄放系统的设计与分析是确保工业生产中液体储罐运行安全的至关重要的一环。在该系统的设计和应用过程中,必须对呼吸阀通气量以及氮封系统进行精确的分析与计算,以确保系统在各种工况下都能有效运行。在外部火灾工况下,紧急泄放量和泄放压力的合理设定能有效保护储罐及周围环境的安全。与此同时,定期检查和维修可以及时发现和解决问题,以确保系统的长周期稳定安全运行。

参考文献:

- [1] 宁靖卫,聂文洁.可燃液体罐区安全系统设计及泄放总管优化分析[J].山东化工,2023,52(15):211-213+219.

- [2] 邢银全. 常压及低压储罐安全泄放系统设计分析 [J]. 云南化工, 2021, 48(12): 116-118.
- [3] 李倩. 常低压储罐工艺安全设施的设计 [J]. 化工设计通讯, 2021, 47(08): 111-112+114.
- [4] 曹建新, 周亚萍. 化工设计中常用的安全泄放装置 [J]. 天津化工, 2017(02).
- [5] 张春, 郝振华, 周中强. 储罐通气能力校核及解决方案研究 [J]. 化学工程与装备, 2016(08).
- [6] 牛鹏宇, 张义, 王正蓝, 张金泉, 魏旭旺. 手持式灭火喷射器管型设计 [J]. 工业设计, 2015(11).
- [7] 夏志, 周晓红, 郝蕴. 大型海上油气田生产泄放系统初步研究 [A]. 2010 年度海洋工程学术会议论文集 [C]. 2010.
- [8] 束从杰. 浅述超压泄放装置的分类及选用 [A]. 安徽省机械工程学会成立 50 周年论文集 [C]. 2014.
- [9] 倪浩, 余智, 刘培林. 高压泄放装置的工艺设计 [A]. 2009 年度海洋工程学术会议论文集 (下册) [C]. 2009.
- [10] 金满平, 张晨, 张婧, 孙峰, 徐伟, 石宁. 格式反应的绝热失控特性及反应器安全泄放设计 [A]. 2015 年中国化工学会年会论文集 [C]. 2015.
- [11] 沈佳逸. 石油化工常压及低压储罐安全泄放设施设计 [J]. 化工设计, 2010(03).
- [12] 刘晓. 浅谈石油化工常压及低压储罐安全泄放设施设计 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2014(07).
- [13] 干超, 肖妮, 赵鑫. 小水电站生态流量泄放情况评价研究 [J]. 小水电, 2022(06).

作者简介:

赵蕾艳 (1987-), 女, 汉族, 山东省潍坊市, 硕士研究生, 工程师, 工艺安装设计。

朱新艳 (1988-), 女, 汉族, 山东省临沂市, 硕士研究生, 工程师, 工艺安装设计。

广告

得到的不是永恒的拥有, 失去的将永不再来

——保护环境人人有责